

Aplicações pré-colheita de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji'

Pre-harvest applications of calcium in post-harvest quality of 'Fuji' apples

Auri Brackmann^I Márcio Renan Weber Schorr^{II} Josuel Alfredo Vilela Pinto^{III}
Thiago Liberalesso Venturini^{II}

- NOTA -

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes números de aplicações de cloreto de cálcio (CaCl₂) no pomar, durante a formação do fruto, sobre as qualidades físico-químicas de maçãs 'Fuji', após o armazenamento em atmosfera controlada (AC). O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições e 12 frutos por unidade experimental. Os tratamentos avaliados foram: controle, três, seis e nove aplicações de CaCl₂ (0,6%). O armazenamento em AC se deu na condição de 1,2kPa de O₂ e 0,0kPa de CO₂ durante 9,5 meses, a -0,5°C. A produção de etileno e respiração foi avaliada aos seis dias, a 20°C, e os outros parâmetros foram avaliados aos sete dias de exposição à temperatura de 20°C. O número de aplicações de CaCl₂ não interfere na acidez titulável e respiração dos frutos. Nove aplicações proporcionam maior firmeza de polpa e menor incidência de podridões. A incidência de podridões apresentou relação inversa com a firmeza de polpa. O aumento no número de aplicações de CaCl₂ diminui a produção de etileno e aumenta o teor sólidos solúveis totais (SST) de maçãs 'Fuji' após 9,5 meses em AC.

Palavras-chave: *Malus domestica*, etileno, atmosfera controlada, respiração.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different numbers of calcium chloride (CaCl₂) application in the orchard during the fruit formation on the physico-chemical qualities of 'Fuji' apples after storage in controlled atmosphere (CA). The experiment was conducted in completely randomized design with five replications of 12 fruit. The evaluated treatments were: control, three, six and 9 applications of CaCl₂ (0.6%). Fruits

were stored in AC with 1.2kPa of O₂ and 0.0kPa of CO₂ during 9.5 months at -0.5°C. The production of ethylene and respiration were measured at the 6th day at 20°C and the other parameters after 7 days exposure at 20°C. The number of CaCl₂ applications did not influence the acidity and fruit respiration. Nine applications provide greater flesh firmness and less decay incidence. The decay incidence showed inverse relationship with the flesh firmness. The increase in applications number of CaCl₂ decreased the ethylene production and increase the total solids soluble (TSS) of 'Fuji' apples after 9,5 months in CA.

Key words: *Malus domestica*, ethylene, controlled atmosphere, respiration.

A maçã é uma das principais espécies frutíferas cultivadas no Brasil e os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul produzem aproximadamente 1,07 milhões de toneladas, representando 96% do total (IBGE, 2008). A cultivar 'Fuji', a segunda mais importante, de acordo com IUCHI et. al (2001), tem cerca de 20% de perda na pós-colheita, principalmente em razão da ocorrência de distúrbios fisiológicos.

Os distúrbios fisiológicos são danos que ocorrem no fruto devido a alterações no seu metabolismo normal, provocam modificações no sabor e na aparência da polpa e acarretam redução do valor comercial do fruto (IUCHI et al., 2001). Muitos dos distúrbios têm relação com a deficiente concentração do nutriente cálcio nos tecidos das maçãs (SHEAR,

^IDepartamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: auri.brackmann@gmail.com. Autor para correspondência.

^{II}Curso de Agronomia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Laranjeiras do Sul, PR, Brasil.

1975). A deficiência acontece no período de crescimento e divisão celular e manifesta-se durante o armazenamento ou a comercialização, como é o caso de *bitter pit*, rachadura, degenerescência interna e depressão lenticelar.

O cálcio é constituinte indispensável da parede celular (POOVAIAH, 1988), proporciona a estabilidade e a permeabilidade seletiva das membranas (MARSCHNER, 1995) e, além disso, altos teores nos frutos tendem a retardar o processo de maturação e senescência por diminuir a síntese de etileno e a atividade respiratória durante seu armazenamento (POOVAIAH, 1986).

Mesmo que o teor de cálcio no solo seja ótimo, pode haver deficiência na planta e, conseqüentemente, no fruto. Esse fato ocorre em razão da baixa translocação do cálcio via floema, sendo o fruto suprido somente na sua fase inicial de desenvolvimento via xilema. Além disso, os pontos de crescimento da planta competem por esse nutriente com o fruto (NATALE et al., 2005).

Algumas práticas podem evitar perdas por distúrbios fisiológicos e retardar a senescência dos frutos. BRACKMANN & RIBEIRO (1992) recomendam a aplicação de calcário antes da implantação do pomar e durante toda a sua vida útil. Já IUCHI et al. (2001) recomendam no mínimo cinco aplicações pré-colheita de cloreto de cálcio (CaCl_2), na concentração de 0,6%, a cada 15 dias, iniciando aproximadamente 30 dias após a plena floração. Além disso, aplicações pós-colheita de CaCl_2 a 0,2% mantêm alta a acidez titulável (BRACKMANN et al., 1994) e a firmeza de polpa e reduzem a incidência de podridões durante o armazenamento (BRACKMANN et al., 1996).

Diante disso, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes números de aplicações de cloreto de cálcio em pré-colheita na manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada.

O experimento foi realizado com maçãs 'Fuji' provenientes de um pomar comercial localizado no Município de Vacaria, Rio Grande do Sul. As plantas estavam dispostas 4,0m entre fileiras e 1,5m na fila. Os tratamentos do experimento foram originados por diferentes números de aplicações de CaCl_2 nos frutos, no pomar. As aplicações de CaCl_2 iniciaram aproximadamente 30 dias após a plena floração, quando 70% das flores estavam abertas, sendo repetidas quinzenalmente. Foi usada a concentração de 0,6% de CaCl_2 e 2.000L ha^{-1} de calda. Para as operações de pulverização, foi utilizado um turboatomizador, com capacidade para 2.000L de calda, acoplado a um trator agrícola.

O armazenamento em atmosfera controlada (AC) ocorreu no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Os frutos foram acondicionados em minicâmaras experimentais de 0,233m³, que, por sua vez, foram armazenadas no interior de uma câmara frigorífica com capacidade de 45m³. Nas minicâmaras, após seu fechamento hermético, foram instaladas as condições de AC, mediante a expulsão do O₂ com gás inerte (N₂).

A manutenção da concentração adequada de O₂ foi realizada por um equipamento automático de análise de gases da marca Kronenberger-Climasul®, o qual fez as correções diárias para o nível desejado. A concentração de CO₂ foi mantida menor que 0,5kPa por meio da absorção com cal (Ca(OH)_2). Já o baixo nível de O₂ foi corrigido com a injeção de ar atmosférico. A temperatura de armazenamento foi monitorada, também diariamente, com termômetros de mercúrio de alta precisão (resolução 0,2°C), inseridos diretamente na polpa de alguns frutos.

Os frutos foram armazenados à temperatura de -0,5°C, em atmosfera controlada (AC), sob pressões parciais de 1,2kPa de O₂ e menor que 0,5kPa de CO₂, durante 9,5 meses. Os tratamentos foram: controle (nenhuma aplicação); três; seis e nove aplicações de CaCl_2 (0,6%). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições de 12 frutos.

As variáveis avaliadas após o armazenamento foram: podridão (%), analisada por meio de simples contagem de frutos que apresentavam podridões; firmeza de polpa (N), avaliada com o uso de um penetrômetro com ponteira de 11,0mm de diâmetro, inserido em lados opostos da região equatorial dos frutos, onde previamente havia sido retirada a epiderme; acidez titulável (mEq 100mL⁻¹), determinada por meio da titulação com NaOH 0,1N de 10mL de suco da fruta diluídos em 100mL de água destilada e deionizada até pH 8,1; sólidos solúveis totais – SST (°Brix), determinados por refratometria; produção de etileno ($\mu\text{LC}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), determinada por cromatografia gasosa; produção do gás, avaliada por uma determinada massa de frutos em recipiente fechado, com determinado volume e durante um determinado período; e respiração ($\mu\text{LCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), obtida por meio da produção de CO₂, determinada com um analisador eletrônico da marca Agri-Datalog®, também em função da massa de frutos, do volume do recipiente e do tempo de fechamento deste. A produção de etileno e a respiração foram avaliadas aos seis dias a 20°C; os outros parâmetros foram avaliados após sete dias a 20°C.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, e as variáveis expressas em porcentagem foram transformadas pela fórmula arc sen $(x/100)^{1/2}$.

Após a abertura da câmara mais sete dias de exposição dos frutos à temperatura de 20°C, nove aplicações de CaCl_2 apresentaram o maior valor de firmeza de polpa (66,3N), já o menor valor encontrado foi de 61,04N, correspondendo a 3,39 aplicações (Figura 1). Com isso, a curva que explica a firmeza de polpa é uma parábola com concavidade voltada para cima. Na comparação dos frutos dos tratamentos que receberam três, seis e nove aplicações de CaCl_2 , observa-se um aumento linear na firmeza de polpa. Resultado semelhante foi encontrado por EVANGELISTA, et al. (2000), que trabalharam com 0, 2,5 e 5,0% de CaCl_2 em mangas 'Tommy Atkins'. De acordo com POOVAIAH (1986), o cálcio mantém a firmeza de polpa dos frutos ao formar ligações entre as pectinas da parede celular e lamela média, promovendo maior estabilidade. Além disso, altos níveis de cálcio no apoplasto de frutos podem contribuir para a inibição persistente da hidrólise da pectina durante o amadurecimento (HUBER et al., 2001).

Também pode ser observado que há uma relação inversa entre a incidência de podridões (Figura 1) e a firmeza de polpa aos sete dias de exposição a 20°C, em razão da maior dificuldade da penetração dos

fungos nas células e menor ação de suas enzimas (CONWAY et al., 1988). O menor valor encontrado para podridão (16,67%) corresponde aos frutos que receberam nove aplicações de CaCl_2 , já o maior valor (21,13%) corresponde a quatro aplicações de CaCl_2 . Alguns autores, como OMAIMA & KARIMA (2007), também encontraram diminuição na incidência de podridões com aplicações de Ca e B em pré-colheita, em maçãs 'Anna'. O CaCl_2 também pode ter um efeito fungistático, controlando fungos que causam podridões em pós-colheita (BRACKMANN et al., 1996).

Os níveis de acidez titulável (Figura 1) dos frutos não apresentaram variação em função do número de aplicações de Ca, como pode ser percebido pelo baixo coeficiente de determinação (R^2), variando entre 16,83 e 17,10mEq 100mL⁻¹. Já os níveis de sólidos solúveis totais (SST) (Figura 1) mostraram leve tendência de aumento com o maior número de aplicações de Ca, e nove aplicações apresentaram o maior valor. Esses resultados concordam parcialmente com os de OMAIMA & KARIMA (2007), que verificaram aumento no teor de SST e diminuição na acidez titulável com a aplicação pré-colheita de CaCl_2 (0,4%), em maçãs 'Anna'.

Aos seis dias de exposição a 20°C, a produção de etileno (Figura 1) apresentou características de uma curva em forma de parábola com concavidade voltada para baixo. Houve redução da

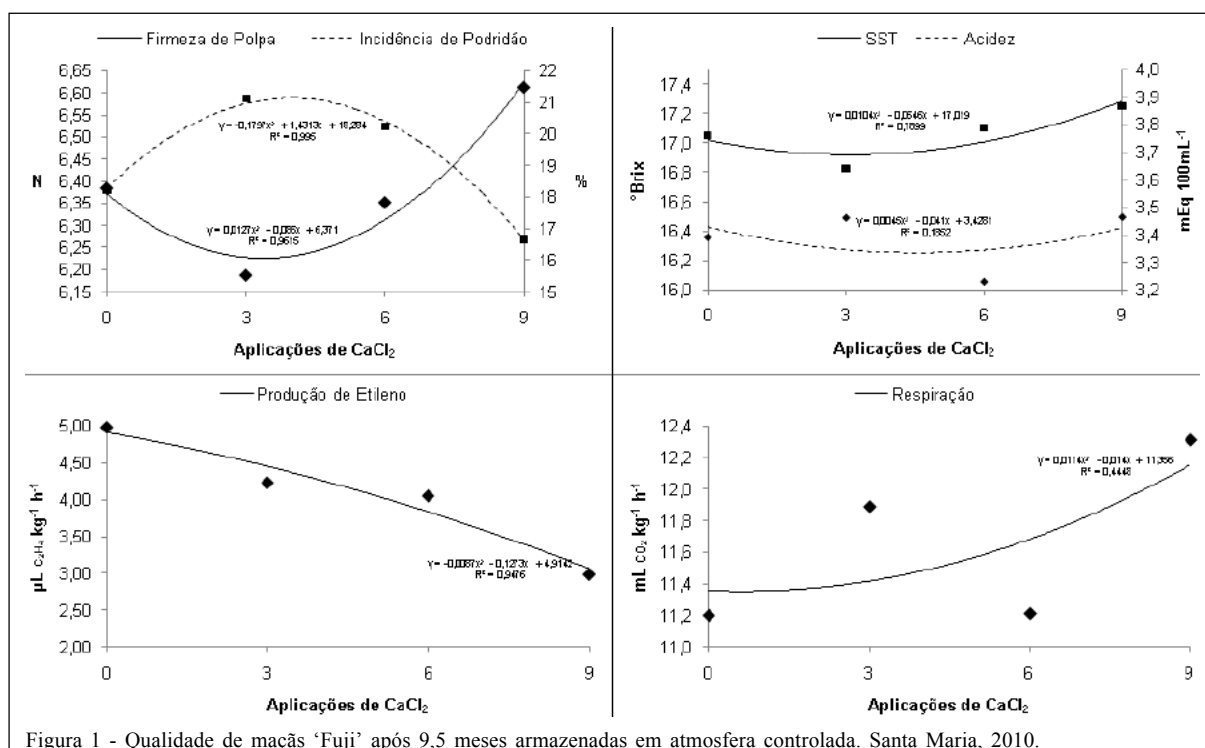


Figura 1 - Qualidade de maçãs 'Fuji' após 9,5 meses armazenadas em atmosfera controlada. Santa Maria, 2010.

produção de etileno com o aumento no número de aplicações de CaCl_2 . A maior produção de etileno ocorreu nos frutos sem aplicação de CaCl_2 , $4,99\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, com diminuição de 15,1, 18,7, e 40,0% na produção de etileno com três, seis e nove aplicações, respectivamente.

A respiração dos frutos (Figura 1), após seis dias a 20°C , apresentou pouca correlação com o número de aplicações de CaCl_2 , o que pode ser evidenciado pelo baixo coeficiente R^2 .

Na análise conjunta da firmeza de polpa, SST e produção de etileno, percebe-se que os frutos sem ou com três aplicações de CaCl_2 encontram-se num estágio de maturação mais avançado, pois a firmeza é menor, o teor de SST é menor e a produção de etileno é maior.

Altos teores de Ca na parede celular diminuem a atividade de enzimas responsáveis pelo amaciamento dos frutos, como poligalacturonase (PG) (HUBER et al., 2001). Com menor degradação da parede celular, há a tendência da diminuição da atividade respiratória, pois, para BANGERTH (1974), ao ocorrer a desestruturação celular, ocorre a solubilização de várias substâncias que servem como substrato para enzimas do processo respiratório.

Nove aplicações foliares de CaCl_2 retardam o processo de amadurecimento, mantendo a firmeza de polpa e o teor de SST mais elevados e diminuindo a incidência de podridões e a produção de etileno de maçãs 'Fuji' após 9,5 meses de armazenamento em atmosfera controlada.

REFERÊNCIAS

- BANGERTH, F. Second discussion meeting on bitter pit in apples. *Acta Horticulture*, Wageningen – Holanda, v.45, p.43-52, 1974.
- BRACKMANN, A.; RIBEIRO, N.D. Desordens fisiológicas em macieira induzidas por deficiência de cálcio e seu controle. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.22, n.2, p.247-253, 1992.
- BRACKMANN, A. et al. Efeito do pré-resfriamento e tratamento pós-colheita sobre a qualidade de maçãs, cv. Golden Delicious e Fuji, durante o armazenamento em atmosfera normal e controlada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.16, n.1, p.7-14, 1994.
- BRACKMANN, A. et al. Pré-resfriamento e tratamento químico pós-colheita de maçãs cvs. 'Golden delicious' e 'Fuji'. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.26, n.2, p.185-189, 1996. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384781996000200003&lng=pt&nrm=iso> Acesso em: 16 ago. 2009. doi: 10.1590/S0103-84781996000200003.
- CONWAY, W.S. et al. Inhibition of *Penicillium expansum* polygalacturonase activity by increased apple cell wall calcium. *Phytopathology*, Palo Alto, v.78, p.1052-1055, 1988.
- EVANGELISTA, R. M. et al. Influência da aplicação pré-colheita de cálcio na textura e na atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilsterase e β -galactosidase de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.24, p.174-181, 2000.
- HUBER, D.J. et al. Pectin degradation in ripening and wounded fruits. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Lavras, v.13, n.2, p.224-241, 2001. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-31312001000200009&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 04 abr. 2010. doi: 10.1590/S0103-31312001000200009.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2007; Malha municipal digital do Brasil: situação em 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Capturado em: 24 jul. 2009. Online. Disponível na Internet: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php>.
- IUCHI, V.L. et al. **Distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais em macieira**. Florianópolis: Epagri/Jica, 2001. 74p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 674p.
- NATALE, W. et al. Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.40, n.12, p.1239-1242, 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2005001200012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 5 jun. 2009. doi: 10.1590/S0100-204X2005001200012.
- OMAIMA, M.H.; KARIMA, H.E.H. Quality improvement and storability of apple cv. Anna by pré-harvest applications of boric acid and calcium chloride. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, Egypt, v.3, n.3, p.176-183, 2007.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium in prolonging storage life of fruit and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.16, p.86-89, 1986.
- POOVAIAH, B.W. Molecular cellular aspects of calcium action in plants. *HortScience*, Alexandria, v.23, n.2, p.267-271, 1988.
- SHEAR, C.B. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *HortScience*, Alexandria, v.10, n.4, p.361-365, 1975.